

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 14 153.7

Anmeldetag: 28. März 2003

Anmelder/Inhaber: EPCOS AG, 81669 München/DE

Bezeichnung: Oberflächenwellen-Anordnung zur
breitbandigen Signalübertragung

IPC: H 03 H 9/64

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 04. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Brosig

Beschreibung

Oberflächenwellen-Anordnung zur breitbandigen
Signalübertragung

5

Die Erfindung betrifft ein mit Oberflächenwellen arbeitendes Bauelement. Mit Oberflächenwellen arbeitende Bauelemente, im weiteren SAW-Bauelemente (SAW = Surface Acoustic Wave) genannt, bzw. Filter auf der Basis solcher Bauelemente werden
10 beispielsweise in Mobilfunkgeräten oder in Empfangspfaden der Datenübertragungssysteme eingesetzt.

Ein beispielhaftes SAW-Bauelement weist zumindest eine auf einem piezoelektrischen Substrat angeordnete akustische Spur auf, die in der Regel mindestens einen elektroakustischen
15 Wandler mit einer (vorzugsweise periodischen) interdigitalen Elektrodenstruktur zur Anregung einer (akustischen) Oberflächenwelle, deren Wellenlänge λ ungefähr der Periode der Elektrodenstruktur entspricht, und z. B. zwei den Wandler
20 umgebende Reflektoren zur Lokalisierung der (akustischen) Welle im Wandlerbereich enthält. Eine auf piezoelektrischen Substraten angeregte Oberflächenwelle, beispielsweise eine Rayleigh-Welle, eine Scherwelle oder eine Longitudinalwelle, weist einen akustischen und einen elektrischen Anteil auf.
25 Der akustische Anteil der Welle ist eine für den genutzten Wellentyp relevante mechanische Auslenkung des Materials an der Substrat-Oberfläche. Die mechanische Auslenkung ruft im piezoelektrischen Material ein entsprechendes elektrisches Potential hervor. Daher führt die akustische Oberflächenwelle
30 auch eine mit ihr meist gleichphasige elektrische Wellenkomponente mit.

Die Elektrodenstrukturen stellen meist nebeneinander interdigital angeordnete Elektrodenfinger (Elektrodenstreifen)
35 dar, welche elektrische Anregungszentren aufweisen, wenn die nebeneinander angeordneten Elektrodenfinger eines Fingerpaares auf unterschiedlichem Potential liegen. Die elektri-

schen Anregungszentren sind solche Stellen im Wandler, an welchen lokal angeregte elektrische Komponenten einer in Vorwärtsrichtung und einer in Rückwärtsrichtung laufenden elektroakustischen Welle miteinander in Phase sind. Die Anregungszentren liegen meist in der Mitte eines (evtl. aufgespaltenen) Elektrodenfingers.

Durch elektrische und mechanische Unstetigkeiten wird an jedem Elektrodenfinger ein Teil der einfallenden akustischen Welle in Rückwärtsrichtung reflektiert. Es wird angenommen, daß die Reflexion an einem Punkt (Reflexionszentrum) lokalisiert ist, an dem die Reflexionskoeffizienten von in entgegengesetzten Richtungen laufenden Wellen gleich bzw. rein imaginär sind. Auf den meisten piezoelektrischen Substraten, die im Hinblick auf Reflexion symmetrische richtungsunabhängige Eigenschaften aufweisen, ist dies die Mitte des Fingers.

Die Interdigitalwandler in den SAW-Bauelementen sind meist bidirektional. Dies bedeutet, daß sie eine akustische Oberflächenwelle in beide longitudinale Richtungen, d. h. ohne Vorzugsrichtung abstrahlen.

Es sind z. B. Wandler mit äquidistant angeordneten Elektrodenstreifen der gleichen Breite (vorzugsweise $\lambda/4$) bekannt, die im Weiteren Normalfinger-Wandler genannt sind. Des Weiteren sind Splitfinger-Wandler bekannt, bei denen ein auf einem bestimmten Potential liegender Elektrodenstreifen aufgespalten ist (Splitfinger). Beispielsweise bei einem einfach aufgespaltenen (d. h. zweiteiligen) Splitfinger liegt das elektrische Anregungszentrum ungefähr in der Mitte des Spaltes.

Bekannt sind darüber hinaus auch unidirektionale Interdigitalwandler, bei denen durch eine besondere Anordnung reflektierend wirkender Elektrodenfinger gegenüber anregenden Elektrodenfinger-Paaren die Abstrahlung der akustischen Welle

bevorzugt in eine Richtung erzielt wird, wobei die Amplitude der in einer bevorzugten Richtung (Vorwärtsrichtung) laufenden Welle wesentlich größer als die Amplitude der in die umgekehrte Richtung (Rückwärtsrichtung) laufenden Welle ist.

5

Es ist möglich, unidirektionale Wandler auf isotropen piezoelektrischen Substraten aufzubauen, wobei eine bevorzugte Abstrahlrichtung eines Wandlers mit z. B. drei oder vier Elektrodenfingern pro Wellenlänge erreicht werden kann. Weiterhin sind unidirektionale Einphasen-Wandler (auf Englisch SPUDT = Single Phase Unidirectional Transducer) bekannt, die es ermöglichen, die Unidirektionalität des Wandlers mit nur einem Elektrodenpaar pro Wellenlänge zu erzielen, wenn beispielsweise teilweise unterschiedliche Elektrodenfinger-Dicken verwendet werden. Die unidirektionale Abstrahlung der akustischen Welle kommt dadurch zustande, daß sich eine in Rückwärtsrichtung angeregte und an einer Unstetigkeitsstelle in der Nähe des entsprechenden Anregungszentrums (in die Vorwärtsrichtung) reflektierte Welle mit einer an demselben Anregungszentrum angeregten, in Vorwärtsrichtung laufenden Welle konstruktiv überlagert. Dies wird in einem SPUDT z. B. durch einzelne reflektierende Streifen erreicht, die in der Nähe der anregenden Elektrodenfinger angeordnet sind. Da der Abstand zwischen den anregenden und den reflektierenden Elektrodenfingern in einem SPUDT vergleichsweise groß ist, ist nur eine geringe Bandbreite des Bauelements realisierbar. Dieser Nachteil kann durch die Ausgestaltung eines Interdigitalwandlers mit in transversaler Richtung variierender Periode der Elektrodenfinger behoben werden. Dabei verjüngen sich die Elektrodenfinger und die Finger-Periode und die damit verbundene Wellenlänge nimmt ab, so daß in Wellenlängen gemessene Finger-Mittenabstände und Fingerbreiten (unabhängig von transversaler Koordinate) konstant bleiben. So aufgebaute, z. B. aus der Druckschrift DE 3838923 bekannte Interdigitalwandler W1, W2 werden Fan-Wandler genannt, siehe z. B. Figuren 1a, 1b. Ein Fan-Wandler kann in transversaler

Richtung in diskret oder kontinuierlich ineinander übergehende, aneinander gereihte Teilspuren aufgeteilt werden, wobei in jeder Teilspur eine akustische Welle mit einer vorgegebenen Wellenlänge anregbar ist.

5

Einige Radiosender nutzen für die Verbreitung ihrer Programme sowohl terrestrische als auch satellitengestützte Signalübertragung. Das Satellitensignal kann dabei nur empfangen werden, wenn freie Sicht von der Empfängerantenne zum Satelliten besteht. Andernfalls wird eine terrestrische Basisstation (Repeater) zur Überbrückung der Abschattung genutzt. Eine beispielhafte Frequenzzuordnung verschiedener Signaltypen ist in Figur 2a schematisch dargestellt. Das terrestrisch übertragene Signal wird bei einer Frequenz gesendet bzw. empfangen, die zwischen den zur satellitengestützten Signalübertragung genutzten Frequenzen liegt.

Der in Figur 2b gezeigte beispielhafte Superheterodyne-Empfänger weist jeweils einen eigenen Signalpfad zum Empfang des Satellitensignals (Signalpfad SP) und des terrestrisch übertragenen Signals (Signalpfad TP). Das empfangene Signal wird auf eine Mittenfrequenz oder stufenweise mittels Mischer M1 - M4 jeweils auf eine niedrigere Frequenz (z. B. auf 315 MHz und anschließend auf 75 MHz bei Sirius Radio) heruntergemischt. Nach jedem Mischer ist ein Bandpaßfilter B1 - B4 vorgesehen, wobei sich für diese Anwendung breitbandige SAW-Filter, z. B. Fan-Wandler-Anordnungen besonders gut eignen.

30

Aufgrund starker Pegelunterschiede terrestrischer und satellitengestützter Signale kann es im Empfänger u. U. zur unerwünschten Interferenz der beiden Signaltypen kommen. Um diesen Effekt zu mindern, soll der Bereich um die Mittenfrequenz des Filters unterdrückt werden (Notch-Filter). Dabei sollte der Übertragungsbereich für satellitengestützte Signale idealerweise nicht gestört sein.

Es ist möglich, in einem Fan-Wandler die (durch Anregung einer akustischen Welle hervorgerufene) Signalübertragung bei einer bestimmten Frequenz im Durchlaßbereich zu unterdrücken, indem durch Vergrößern des Fan-Winkels die Überlappungslänge der Elektrodenfinger der zur Anregung akustischer Welle bei dieser Frequenz ausgebildeten Teilspur verringert wird. Diese Lösung hat den Nachteil, daß bei langen Wandlern der Winkel der endständigen Finger stark von der Normale zur Wellenausbreitungsrichtung abweicht, wobei die Vergrößerung des Fan-Winkels in der entsprechenden Teilspur zur Überlappung von benachbarten Fingern führen würde. Bei der verkürzten Gesamtlänge des Wandlers sinkt wiederum die Anregungsstärke des Wandlers.

15 Ferner ist es möglich, auf die die zu unterdrückenden Signale anregende Teilspur eine Dämpfungsmasse aufzubringen. Dies erfordert allerdings eine Präzision, welche mit bisher bekannten Techniken, z. B. Siebdruck, derzeit nicht realisierbar ist.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Dämpfungsstrukturen oder Strukturen zum Umlenken der akustischen Welle zwischen Ein- und Ausgangswandler anzuordnen, was aufgrund der beschränkten Chiplänge schwer realisierbar ist.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Wandler jeweils durch zwei Teilwandler zu ersetzen, um das entsprechende Frequenzband in der Mitte des Durchlaßbereiches zu unterdrücken. Bei Parallelschaltung der Teilwandler entstehen allerdings zusätzliche Verbindungsstrukturen, die mit weiteren auf demselben Substrat angeordneten Komponenten einer Filterschaltung nicht immer direkt verbunden werden können und das elektromagnetische Übersprechen der Teile der Schaltung vergrößern. Eine Serienschaltung der Teilwandler hat den Nachteil, daß dabei die Impedanz der Anordnung vervierfacht wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Oberflächenwellen-Anordnung, insbesondere ein breitbandiges SAW-Bandpaßfilter anzugeben, welche bei einfachem Aufbau eine
5 besonders gute Unterdrückung eines Frequenzbandes innerhalb des Durchlaßbereiches der Anordnung gewährleistet.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe ist durch ein Bauelement nach Anspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte
10 Varianten der Erfindung gehen aus den weiteren Ansprüchen hervor.

Die Erfindung gibt eine Oberflächenwellen-Anordnung mit folgenden Merkmalen an:

- 15 - auf einem piezoelektrischen Substrat ist in einem longitudinal ausgerichteten oder mittels Reflektoren ein- oder mehrfach abgewinkelten akustischen Pfad ein erster Interdigitalwandler und ein zweiter Interdigitalwandler angeordnet,
- 20 - der absolute Finger-Mittenabstand und die absolute Fingerbreite des ersten Interdigitalwandlers nehmen in transversaler Richtung im Wesentlichen monoton oder stufenweise zu oder ab,
- 25 - der akustische Pfad ist in transversaler Richtung in zwei Randspuren und eine zwischen den Randspuren angeordnete Mittelspur aufgeteilt,
- in den Randspuren des ersten Interdigitalwandlers ist der Finger-Mittenabstand oder der Finger-Mittenabstand und die Fingerbreite so gewählt, daß die Abstrahlung der
30 akustischen Welle bidirektional oder dem akustischen Pfad folgend bevorzugt in eine Vorzugsrichtung erfolgen kann.

Dabei sind in der bevorzugten Variante der Erfindung die Fingerbreiten und/oder Finger-Mittenabstände in der Mittel-
35 spur des ersten Interdigitalwandlers so gewählt, daß die Abstrahlung der akustischen Welle bevorzugt in eine der Vorzugsrichtung entgegengesetzte Richtung erfolgt. Alternativ

dazu sind die Elektrodenfinger in der Mittelspur des ersten Interdigitalwandlers und/oder des zweiten Interdigitalwandlers in longitudinaler Richtung so relativ zueinander so versetzt, daß die in der Mittelspur und in den Randspuren
5 angeregten akustischen Wellen im Wesentlichen gegenphasig laufen.

Ferner kann in einem mittels Reflektorstreifen umfassenden Reflektoren mehrfach abgewinkelten akustischen Pfad ein
10 erster Interdigitalwandler und ein zweiter Interdigitalwandler angeordnet sein, wobei die Periode der Reflektorstreifen im Wesentlichen der Mittenfrequenz des Interdigitalwandlers entspricht. Beim ersten Interdigitalwandler ist der Finger-Mittenabstand oder der
15 Finger-Mittenabstand und die Fingerbreite so gewählt, daß die Abstrahlung der akustischen Welle bidirektional oder dem akustischen Pfad folgend bevorzugt in eine Vorzugsrichtung erfolgt. Dabei kann alternativ zur Modifizierung der Mittelspur des ersten Interdigitalwandlers erfindungsgemäß
20 vorgesehen sein, daß die Reflektoren in Richtung entlang Reflektorstreifen in zwei Reflektor-Randspuren und eine zwischen den Reflektor-Randspuren angeordnete Reflektor-Mittelspur aufgeteilt sind, wobei die Reflektorstreifen in der Reflektor-Mittelspur aufgespalten sind und wobei die so
25 gebildeten Teilfinger vorzugsweise eine Breite von $\lambda/8$ haben und um $\lambda/8$ voneinander beabstandet sind. Alternativ zur Aufspaltung der Elektrodenfinger können in dieser Variante der Erfindung die Reflektorstreifen in der Reflektor-Mittelspur in longitudinaler Richtung gegenüber den Streifen
30 in den Reflektor-Randspuren versetzt sein, wobei die durch die Reflektor-Mittelspur und die Randspuren des in Vorzugsrichtung letzten Reflektors umgelenkten akustischen Wellen im Wesentlichen gegenphasig laufen.

35 Der absolute Finger-Mittenabstand des ersten Interdigitalwandlers kann in transversaler Richtung von Spur zu Spur oder innerhalb einer Spur, ausgewählt aus Mittelspur und Rand-

spuren, in den Randbereichen (RB1, RB2) monoton oder stufenweise variieren (ab- oder zunehmen).

Die Elektrodenfinger verjüngen sich in transversaler Richtung vorzugsweise so, daß das Verhältnis des Finger-Mittenabstands und der Fingerbreite in transversaler Richtung konstant bleibt.

Auch im zweiten Interdigitalwandler kann der Finger-Mittenabstand oder der Finger-Mittenabstand und die Fingerbreite in transversaler Richtung ab- oder zunehmen. Der zweite Interdigitalwandler kann in der Mittelspur im Wesentlichen wie der erste Interdigitalwandler ausgebildet sein.

Die Elektrodenfinger des ersten und/oder zweiten Interdigitalwandlers in der Mittelspur können in longitudinaler Richtung SPUDT Zellen bilden, deren Länge eine Wellenlänge λ oder ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge beträgt. Die Elektrodenfinger des ersten und/oder zweiten Interdigitalwandlers können innerhalb einer SPUDT Zelle teilweise unterschiedliche Schichtdicken und/oder Fingerbreiten und/oder Finger-Mittenabstände aufweisen. Die SPUDT-Zellen können z. B. so gebildet sein, daß im ersten und/oder zweiten Interdigitalwandler Paare nebeneinander angeordneter Elektrodenfinger an dieselbe Stromschiene angeschlossen sind, wobei die Elektrodenfinger eines Paares in longitudinaler Richtung in der Mittelspur unterschiedliche Breiten aufweisen, wodurch die Abstrahlung akustischer Welle bevorzugt in die der Vorzugsrichtung entgegengesetzte Richtung erfolgt. Die so gebildeten Elektrodenfinger-Paare alternieren z. B. mit einem an die andere Stromschiene angeschlossenen Elektrodenfinger oder Elektrodenfinger-Paar, das aus gleich oder unterschiedlich breiten Elektrodenfinger besteht.

Der akustische Pfad ist vorzugsweise von zwei Reflektoren

begrenzt.

Die Erfindung soll nun anhand der Figuren näher erläutert werden. Es zeigen

5

Figur 1a, 1b jeweils eine bekannte SAW-Anordnung zweier Interdigitalwandler in schematischer Draufsicht

10

Figur 2a die Frequenzzuordnung bei kombinierter terrestrischer und satellitengestützter Signalübertragung

15

Figur 2b schematisch ausschnittsweise das Schaltbild eines Empfängers mit einem Pfad zum Empfang terrestrischer Signale (oben) und einem Pfad zum Empfang satellitengestützter Signale (unten)

20

Figur 3a die schematische Draufsicht einer erfindungsgemäßen SAW-Anordnung mit einem Fan-Wandler mit bidirektional abstrahlenden Randspuren und in der Mittelspur ausgebildeten SPUDT-Zellen

25

Figur 3b die schematische Draufsicht einer erfindungsgemäßen SAW-Anordnung mit zwei Fan-Wandlern, mit bidirektionalen Randspuren und in der Mittelspur ausgebildeten SPUDT-Zellen

30

Figur 4, 5 jeweils eine schematische Draufsicht einer erfindungsgemäßen SAW-Anordnung mit zwei bidirektionalen Fan-Wandlern und in der Mittelspur in longitudinaler Richtung versetzten Elektrodenfingern

35

Figur 6 ausschnittsweise die schematische Draufsicht eines erfindungsgemäßen unidirektionalen Fan-Wandlers mit entgegengesetzter Wandler-Direktivität in der

Mittelspur

Figur 7a schematisch den Grundaufbau einer bekannten SPUDT-Zelle, die beispielsweise in einem unidirektionalen Fan-Wandler eingesetzt wird

Figur 7b schematisch einen erfindungsgemäßen Fan-Wandler mit bidirektional abstrahlender oberen Randspur, unidirektional abstrahlender unteren Randspur und entgegengesetzt-unidirektional abstrahlender Mittelspur

Figur 7c in schematischer Draufsicht ausschnittsweise einen erfindungsgemäßen Fan-Wandler mit breitbandigen unidirektional abstrahlenden Randspuren und schmalbandiger entgegengesetzt-unidirektional abstrahlender Mittelspur

Figur 8 schematisch ausschnittsweise einen erfindungsgemäßen Fan-Wandler mit stufenweise variierendem Finger-Mittenabstand, mit unidirektional abstrahlenden Randspuren und entgegengesetzt-unidirektional abstrahlender Mittelspur

Figur 9 schematisch einen weiteren erfindungsgemäßen Fan-Wandler mit bidirektional abstrahlender oberer Randspur, unidirektional abstrahlender unteren Randspur und entgegengesetzt-unidirektional abstrahlender Mittelspur

Figuren 10a bis 11 schematisch jeweils eine erfindungsgemäße SAW-Anordnung zweier Interdigitalwandler mit abgewinkeltem akustischen Pfad

Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

Figur 1a zeigt eine bekannte SAW-Anordnung zweier als Fan-Wandler ausgebildeter Interdigitalwandler W1 und W2 in schematischer Draufsicht. Die Elektrodenfinger sind auf periodischem Raster angeordnet, wobei die Periode des Rasters und somit der absolute Finger-Mittenabstand in ausgewählter transversaler Richtung (hier nach oben hin) abnimmt und wobei sich die Elektrodenfinger in diese Richtung so verjüngen, daß die in Wellenlänge gemessene Fingerbreite bzw. der in Wellenlänge gemessene Finger-Mittenabstand konstant bleibt, die Wellenlänge aber mit abnehmendem absoluten Finger-Mittenabstand abnimmt.

Die in Figur 1a gezeigte Wandleranordnung wird auch Zweifokus-Anordnung genannt, da in Transversalrichtung verlängerte Elektrodenfinger der beiden Wandler W1 bzw. W2 jeweils zu einem Punkt (Fokus) konvergieren.

In Figur 1b ist eine weitere bekannte Anordnung - Einfokus-Anordnung - zweier Fan-Wandler gezeigt, bei der in Transversalrichtung verlängerte Elektrodenfinger der beiden Wandler W1 und W2 zu einem Punkt (Fokus) konvergieren.

Figur 2a zeigt eine Frequenzzuordnung bei kombinierter terrestrischer (z. B. im COFDM-Verfahren kodierten) und satellitengestützter (hier mittels QPSK kodierten) Signalübertragung. QPSK steht für Quadrature-Phase Shift Keying, COFDM steht für Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Das terrestrisch übertragene Signal wird bei einer Frequenz gesendet bzw. empfangen, die zwischen den zur satellitengestützten Signalübertragung genutzten Frequenzen liegt.

Figur 2b zeigt ausschnittsweise das Schaltbild eines zum Empfang sowohl terrestrischer (in dem in der Figur oben angeordneten Signalpfad TP) als auch satellitengestützter (in dem in der Figur unten angeordneten Signalpfad SP) Signale

geeigneten, zweistufigen Superheterodyne-Empfängers. In jedem Signalpfad TP, SP wird nach jedem Mischer M1 - M4 ein SAW-Bandpaßfilter B1 - B4 eingesetzt, dessen Übertragungsfunktion zusammen mit der der Figur 2a entsprechenden Frequenzzuordnung schematisch dargestellt ist. Die im Satellitenpfad SP angeordneten SAW-Bandpaßfilter B3, B4 weisen jeweils einen Einbruch im Durchlaßbereich der Übertragungsfunktion auf, wobei das terrestrische Signal unterdrückt wird.

- 10 Figur 3a zeigt eine erfindungsgemäße SAW-Anordnung mit einem als Fan-Wandler ausgebildeten ersten Interdigitalwandler W1 und einem als Normalfingerwandler ausgebildeten zweiten Interdigitalwandler W2. Der zweite Interdigitalwandler W2 ist vorzugsweise breitbandig und hat daher eine geringe Länge.
- 15 Die Fingerperiode des zweiten Interdigitalwandlers entspricht der Mittenfrequenz des Filters. Der erste Interdigitalwandler W1 ist in Randspuren RB1, RB2 und eine dazwischen angeordnete Mittelspur MB aufgeteilt. In den Randspuren verzüngen sich die Elektrodenfinger in transversaler Richtung nach oben,
- 20 wobei gleichzeitig die absolute Fingerperiode in dieser Richtung monoton abnimmt. Die in Wellenlängen gemessenen Fingerbreiten und Finger-Mittenabstände bzw. deren Verhältnis bleiben in transversaler Richtung konstant. Die Randspuren RB1, RB2 des ersten Interdigitalwandlers W1 sind so ausgebildet, daß bei der elektrischen Anregung eine bidirektionale Abstrahlung der akustischen Welle erfolgt. Die nebeneinander
- 25 liegenden Elektrodenfinger sind in der Mittelspur MB alternierend gestaucht oder verbreitet, wobei in der Mittelspur pro Wellenlänge λ zwei Elektrodenfinger unterschiedlicher
- 30 Dicke gebildet sind, welche in longitudinaler Richtung aneinander gereihte SPUDT-Zellen bilden. Die in der Mittelspur MB angeregte akustische Welle wird bevorzugt entgegengesetzt der Vorzugsrichtung abgestrahlt. Die entsprechenden Abstrahlungsrichtungen sind in den Figuren durch Pfeile schematisch
- 35 dargestellt.

In Figur 3b ist eine weitere erfindungsgemäße SAW-Anordnung mit zwei als Fan-Wandler ausgebildeten Interdigitalwandlern W1, W2 schematisch dargestellt. Die Elektrodenfinger der Wandler sind zur Auslöschung von intern im Wandler auftretenden akustischen Reflexionen aufgespalten. Die Fingerbreite und der Mindestabstand zwischen den Fingern in den Randspuren sind vorzugsweise gleich und betragen $\lambda/8$. Durch Vermeidung interner Reflexionen in einem Fan-Wandler gelingt es insbesondere, ein symmetrisches Paßband zu erreichen.

10

Die beiden Interdigitalwandler W1 und W2 sind in der Mittelspur im Wesentlichen so ausgebildet wie der erste Interdigitalwandler W1 in Figur 3a. Gestauchte und verbreiterte Bereiche der aufgespaltenen Elektrodenfinger alternieren in longitudinaler Richtung, wobei die angeregte akustische Welle unidirektional in eine der Vorzugsrichtung entgegengesetzte Richtung abgestrahlt wird.

15

Die in Figur 3b gezeigte Wandler-Anordnung ist eine sogenannte Zweifokus-Anordnung, wobei die gedanklich verlängerten Elektrodenfinger eines jeden Wandlers zu einem Punkt (Fokus) konvergieren, der mit dem Fokus des anderen Wandlers nicht übereinstimmt.

20

In Figur 4 ist eine weitere erfindungsgemäße Wandler-Anordnung, hier Einfokus-Anordnung, schematisch dargestellt. Die gedanklich verlängerten Elektrodenfinger der beiden Wandler konvergieren zu einem Punkt (Fokus). Der auf die Randspuren RB1 und RB2 bezogene, in Wellenlängen der am jeweiligen transversalen Ort angeregten Welle gemessene Mittenabstand b_1 zwischen einander zugewandten Elektrodenfingern der beiden Wandler bleibt in transversaler Richtung konstant.

30

Die in den Randspuren RB1, RB2 und auch in der Mittelspur MB angeregten akustischen Wellen werden in dieser Variante bidirektional abgestrahlt. Die Elektrodenfinger werden in der

35

Mittelspur in longitudinaler Richtung relativ zur Position der Elektrodenfinger in den Randspuren versetzt, wobei der in Wellenlängen gemessene Versatz $|b_2 - b_1|$ eine halbe Wellenlänge beträgt. Dabei wird in der Mittelspur eine
5 akustische Welle angeregt, die gegenüber der in den Randspuren angeregten Wellen gegenphasig läuft und diese in dem der Mittelspur entsprechenden Frequenzbereich auslöscht.

Der Versatz der Elektrodenfinger in der Mittelspur kann
10 erfindungsgemäß wie in Figur 5 schematisch dargestellt auch bei einer Zweifokus-Anordnung der Wandler vorgenommen werden. Jedem der Wandler W1, W2 kann eine transversale Achse T1, T2 (z. B. Symmetrieachse) zugeordnet werden. Die Achsen der Wandler können so zueinander ausgerichtet werden, z. B.
15 parallel zueinander mit dem Abstand l_1 oder auch zueinander geneigt, daß die gewünschte Übertragungsfunktion der Anordnung resultiert. Die Position der Elektrodenfinger in der Mittelspur ist dann gegenüber deren Position in den Randspuren so versetzt, daß der (bezogen auf die der
20 Mittelspur entsprechenden Wellenlängen) in Wellenlängen gemessene Versatz $|l_2 - l_1|$ eine halbe Wellenlänge beträgt.

Figur 6 zeigt ausschnittsweise und schematisch den Übergang von den unidirektional in Vorzugsrichtung abstrahlenden
25 Randspuren RB1, RB2 zur in entgegengesetzter Richtung unidirektional abstrahlenden Mittelspur MB für einen erfindungsgemäßen Interdigitalwandler W1, der als Fan-Wandler mit einer einheitlichen Fingerbreite aufweisenden Elektrodenfingern ausgebildet ist.

30 Die Länge einer in dieser Variante acht Elektrodenfinger umfassenden Basiszelle (SPUDT-Zelle) beträgt ein ganzzahliges Vielfaches n der Wellenlänge, z. B. 3λ . Möglich ist es auch, daß eine Anzahl m Elektrodenfinger in einer Zelle der Länge
35 $n\lambda$ angeordnet ist, wobei der Finger-Mittenabstand bei einer bidirektional abstrahlenden Zelle dieser Art genau $n\lambda/m$ beträgt.

Die Elektrodenfinger bilden pro Basiszelle der Länge a_1 zwei Vierergruppen mit annähernd einheitlichem Finger-Mittenabstand a_2 und einem davon abweichenden Finger-Mittenabstand a_3 zwischen den einander zugewandten Elektrodenfingern nebeneinander angeordneter Vierergruppen. Die an sich bekannte Anschlußfolge von Elektrodenfingern mit unterschiedlich gewählten Größen von a_2 und a_3 bewirkt in den Randspuren RB1, RB2, daß die akustische Welle bevorzugt in Vorzugsrichtung (nach rechts) abgestrahlt wird. Die Vierergruppen der Elektrodenfinger sind in der Mittelspur durch Versatz der Elektrodenfinger erfindungsgemäß so gewählt, daß die Abstrahlung der Welle in die entgegengesetzte Richtung erzielt wird.

- 15 In einer weiteren Variante der Erfindung werden die Abstände a_2 und a_3 in den Randspuren gleich gewählt, so daß die Randspuren bidirektional abstrahlen.

- Figur 7a zeigt schematisch ausschnittsweise eine weitere an sich bekannte Anschlußfolge der Elektrodenfinger innerhalb einer SPUDT-Zelle, die auch in einem Fan-Wandler und insbesondere in der Mittelspur MB eines erfindungsgemäßen Wandlers W1 genutzt werden kann. Ein erster Elektrodenfinger F1 ist an eine erste Stromschiene angeschlossen und hat die Fingerbreite W_1 . Ein zweiter F2 und ein dritter Elektrodenfinger F3 (mit Fingerbreite W_2 bzw. W_3) sind an eine zweite Stromschiene angeschlossen. Der dritte Elektrodenfinger F3 wirkt dabei reflektierend, während die nebeneinander angeordneten Elektrodenfinger F1 und F2 zur Anregung der akustischen Welle dienen. Der Mittenabstand d_1 zwischen dem ersten und dem zweiten Elektrodenfinger beträgt vorzugsweise $\lambda/4$. Der Mittenabstand d_2 zwischen dem zweiten und dem dritten Elektrodenfinger ist vorzugsweise dem Mittenabstand zwischen dem dritten Finger F3 und dem ersten Finger F1' der nächsten SPUDT-Zelle gleich und beträgt $3\lambda/8$. Dadurch erreicht man innerhalb einer Zelle eine relative Verschiebung von $\lambda/8$ zwischen einem Anregungszentrum und

einem Reflexionszentrum. Folgende Varianten von SPUDT-Zellen sind bekannt:

- 1) Distributed Acoustical Reflection Transducer Zelle oder DART-Zelle, wobei $W_3 = 3\lambda/8$,
- 5 2) Electrode Width Controlled Zelle nach Lewis, wobei $W_3 = \lambda/4$,
- 3) SPUDT-Zelle nach Fliegel, wobei $W_1 = W_2 = W_3$.

10 Gemäß der Erfindung können grundsätzlich alle hier genannten oder auch weitere Typen von SPUDT-Zellen zur Ausgestaltung der Mittelspur verwendet werden, um die unidirektionale Abstrahlung in der Vorzugsrichtung entgegengesetzter Richtung zu erzielen.

15 Es kann vorgesehen sein, daß die Randspuren RB1, RB2 eines erfindungsgemäßen Fan-Wandlers unterschiedlich abstrahlen, wobei wie z. B. in Figur 7b gezeigt die Randspur RB1 bidirektional und die Randspur RB2 unidirektional in Vorzugsrichtung nach rechts abstrahlt. Die Elektrodenfinger
20 in der Mittelspur MB und in der Randspur RB2 sind hier in longitudinaler Richtung in SPUDT-Zellen aufgeteilt, wobei die Abstrahlrichtungen in der Mittelspur MB und der Randspur RB2 einander entgegengesetzt sind. Die SPUDT-Zellen sind in dieser Variante der Erfindung entsprechend Figur 7a
25 ausgebildet. Ein ähnlich funktionierender als Fan-Wandler ausgebildeter Interdigitalwandler W1 mit einem weiteren SPUDT-Zellentyp (SPUDT-Zelle nach Hanma und Hunsinger) in der Mittelspur MB und der Randspur RB2 ist in Figur 9 gezeigt. Die aufgespaltenen Elektrodenfinger weisen in der Mittelspur
30 MB bzw. Randspur RB2 alternierend Stauchung und Verbreiterung auf und strahlen unidirektional in einander entgegengesetzten Richtungen ab.

Es ist in allen Ausführungsformen der Erfindung möglich, daß
35 die Ausrichtung bzw. Neigung und der damit zusammenhängende Verjüngungsgrad der Elektrodenfinger von Spur zu Spur oder auch innerhalb einer Spur, ausgewählt aus den Randspuren und

der Mittelspur, unterschiedlich gewählt wird. Damit kann der Überlappungsbereich der Elektrodenfinger für ausgewählte Frequenzen und damit die Anregungsstärke für bestimmte Frequenzen gesteuert werden. Es ist insbesondere möglich, daß
5 die Elektrodenfinger in der Mittelspur wie in Figur 7c gezeigt parallel zueinander und vorzugsweise senkrecht zur Wellenausbreitungsrichtung ausgerichtet werden. Dabei erreicht man einen besonders tiefen Einbruch in einem engen Frequenzbereich innerhalb des Paßbands.

10

In der in Figur 7c ausschnittsweise gezeigten Ausführungsform sind die in der Mittelspur MB (oder in den Randspuren RB1, RB2) aneinander gereihten Basiszellen unterschiedlich (als SPUDT-Zellen SZ, bidirektional abstrahlende Zellen AZ oder
15 reflektierende Zellen RZ) ausgebildet, wobei die SPUDT-Zellen jeweils durch einen „heißen“ an eine Stromschiene S1 angeschlossenen Elektrodenfinger und zwei „kalte“ an eine andere Stromschiene S2 angeschlossene Elektrodenfinger bzw. aufgespaltene Elektrodenfinger gebildet ist. Durch geeignete
20 Anordnung des nicht aufgespaltenen Elektrodenfingers relativ zum „heißen“ Elektrodenfinger innerhalb einer SPUDT-Zelle erreicht man in den Randspuren RB1, RB2 bzw. der Mittelspur MB die Abstrahlung der akustischen Welle in die Vorzugsrichtung oder in die ihr entgegengesetzte Richtung.

25

Figur 8 zeigt eine weitere vorteilhafte Variante der Erfindung mit in transversaler Richtung stufenweise abnehmender Fingerperiode bzw. sich stufenweise verjüngenden Elektrodenfingern. Die stufenweise Änderung der
30 Elektrodenfinger erfolgt nicht nur beim Übergang von einer Spur zur anderen, sondern auch innerhalb einer Spur, z. B. innerhalb einer Randspur RB1, RB2. Möglich ist auch, daß die Mittelspur MB eine oder mehrere Stufen gleicher oder unterschiedlicher Höhe (Überlappungslänge bei anregendem
35 Fingerpaar) aufweist. Die Anschlußfolge der Elektroden und die relative Anordnung unterschiedlicher Basiszellen

entspricht der in Figur 7c schon erläuterten Variante der Erfindung.

Figur 10a zeigt eine Weiterbildung der Erfindung für eine
5 SAW-Anordnung mit mehrfach abgewinkelttem akustischen Pfad,
wobei die in den Randspuren RB1, RB2 des ersten
Interdigitalwandlers W1 angeregte und bidirektional
abgestrahlte akustische Welle durch Reflektoren RF1 und RF2
in Richtung des zweiten Interdigitalwandlers W2 umgelenkt
10 wird. Die Mittelspuren der beiden Wandler W1, W2 sind so
ausgebildet, daß die akustische Welle unidirektional
entgegengesetzt der Vorzugsrichtung abgestrahlt wird.

Die Reflektoren RF1, RF2 weisen Reflektorstreifen auf, die
15 miteinander elektrisch verbunden oder voneinander isoliert
sein können.

Eine weitere Möglichkeit besteht wie in Figur 10b schematisch
dargestellt darin, die Interdigitalwandler W1 und W2 ohne
20 anders ausgebildete Mittelspuren auszugestalten und dafür
entsprechende Reflektor-Mittelspuren MB1 mit versetzten
Positionen der Reflektorstreifen in den Reflektoren RF1, RF2
vorzusehen, wobei die durch die Reflektor-Mittelspuren
umgelenkte und auf den zweiten Interdigitalwandler W2
25 treffende Welle gegenüber der durch Reflektor-Randspuren
RB3, RB4 umgelenkten Welle gegenphasig läuft, so daß sich die
beiden Wellen gegenseitig auslöschen.

Möglich ist es auch, anstelle des Versatzes der Position der
30 Reflektorstreifen in der Reflektor-Mittelspur MB1 die
Elektrodenfinger wie in Figur 10c angedeutet aufzuspalten,
wobei die Reflexion und daher die Umlenkung der Welle im der
Reflektor-Mittelspur entsprechenden Frequenzbereich
unterdrückt wird.

35 In einer weiteren Ausführungsform ist es möglich, anstatt der
Position der Reflektorstreifen die Position der Elektroden-

finger in der Mittelspur der Interdigitalwandler wie in Figur 5 angedeutet zu versetzen.

Figur 11 zeigt eine weitere erfindungsgemäße SAW-Anordnung mit einem Z-förmig abgewinkelten akustischen Pfad. Die Interdigitalwandler W1 und W2 sind entsprechend der Figur 3b ausgebildet.

Bei allen Wandlern in den oben vorgestellten erfindungsgemäßen Anordnungen, die als unidirektionale Wandler ausgeführt sind, ist es möglich, die die Anregungszentren aufweisenden Elektrodenfinger und/oder die Reflektorstreifen bzw. die innerhalb eines Wandlers angeordneten und zur Reflexion der akustischen Welle geeigneten Strukturen jeweils unterschiedlich örtlich zu verteilen. Eine solche örtliche Verteilung der Strukturen (Wichtung) wird mittels einer Wichtungsfunktion charakterisiert. Die Wichtungsfunktion der anregenden Elektrodenfinger kann mit der Wichtungsfunktion der reflektierenden Streifen übereinstimmen. Möglich ist aber auch, daß die genannten Wichtungsfunktionen sich voneinander unterscheiden. Es ist möglich, daß die Wichtungsfunktion der anregenden Elektrodenfinger die Auslassung einiger Elektrodenfinger vorsieht. Möglich ist beispielsweise auch eine Wichtung durch Serienschaltung verschiedener Wandler Teile sowohl entlang einer akustischen Spur als auch in der dazu senkrechten Richtung, wobei im letzteren Fall die Wandler Teile der in unterschiedlichen Spuren angeordneten Wandler miteinander (teilweise) seriell verschaltet werden (Serienwichtung). Ferner ist die Wichtung der Breite und/oder der Position der Elektrodenfinger möglich. Auch eine Kombination der hier genannten Wichtungen in einer Wichtungsfunktion ist erfindungsgemäß vorgesehen.

Es ist möglich, die Randspuren mit unidirektionaler Abstrahlung angeregter akustischer Welle in eine der Vorzugsrichtung entgegengesetzte Richtung auszubilden, wobei

die Mittelspur so ausgebildet ist, daß die in der Mittelspur angeregte akustische Welle bidirektional abgestrahlt wird.

Die Erfindung wurde der Übersichtlichkeit halber nur anhand
5 weniger Ausführungsformen dargestellt, ist aber nicht auf diese oder auf einen bestimmten Frequenzbereich beschränkt. Weitere Variationsmöglichkeiten ergeben sich insbesondere im Hinblick auf die Anzahl und mögliche Kombinationen der oben vorgestellten Grundelemente.

Patentansprüche (TL)

1. Oberflächenwellen-Anordnung,
mit folgenden Merkmalen:

- 5 - auf einem piezoelektrischen Substrat ist in einem longitudinal ausgerichteten oder mittels Reflektoren (RF1, RF2) ein- oder mehrfach abgewinkelten akustischen Pfad ein erster Interdigitalwandler (W1) und ein zweiter Interdigitalwandler (W2) angeordnet,
- 10 - der absolute Finger-Mittenabstand oder der Finger-Mittenabstand und die Fingerbreite des ersten Interdigitalwandlers nimmt in transversaler Richtung ab,
- der akustische Pfad ist in transversaler Richtung in zwei Randspuren (RB1, RB2, RB3, RB4) und eine zwischen den
- 15 Randspuren angeordnete Mittelspur (MB, MB1) aufgeteilt,
- die Abstrahlung der akustischen Welle in den Randspuren (RB1, RB2, RB3, RB4) des ersten Interdigitalwandlers erfolgt bei Anregung bidirektional oder dem akustischen Pfad folgend bevorzugt in eine Vorzugsrichtung,
- 20 - der erste Interdigitalwandler (W1) oder zumindest einer der Reflektoren (RF1, RF2) ist in der Mittelspur (MB, MB1) so modifiziert, daß
- die Abstrahlung der akustischen Welle bevorzugt in eine der Vorzugsrichtung entgegengesetzte Richtung erfolgt,
- 25 oder
- die in der Mittelspur (MB, MB1) und in den Randspuren (RB1, RB2) angeregten und/oder umgelenkten akustischen Wellen im Wesentlichen gegenphasig laufen.

- 30 2. Anordnung nach Anspruch 1,
bei der der Finger-Mittenabstand oder der Finger-Mittenabstand und die Fingerbreite in den Randspuren (RB1, RB2) und/oder der Mittelspur (MB) des ersten Interdigitalwandlers (W1) in longitudinaler Richtung
- 35 variieren.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
bei der die Fingerbreiten und/oder Finger-Mittenabstände
in der Mittelspur (MB) des ersten Interdigitalwandlers
(W1) so gewählt sind, daß die Abstrahlung der akustischen
5 Welle bevorzugt in eine der Vorzugsrichtung
entgegengesetzte Richtung erfolgt, oder
bei der die Elektrodenfinger in der Mittelspur des ersten
Interdigitalwandlers (W1) und/oder des zweiten
Interdigitalwandlers (W2) in longitudinaler Richtung so
10 relativ zueinander versetzt sind, daß die in der
Mittelspur und in den Randspuren angeregten akustischen
Wellen im Wesentlichen gegenphasig laufen.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
15 bei der der absolute Finger-Mittenabstand des ersten
Interdigitalwandlers in transversaler Richtung von Spur
zu Spur oder innerhalb einer Spur, ausgewählt aus der
Mittelspur und Randspuren, monoton oder stufenweise
abnimmt.
- 20 5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei der sich die Elektrodenfinger in transversaler
Richtung so verjüngen, daß das Verhältnis des Finger-
Mittenabstands und der Fingerbreite in transversaler
25 Richtung konstant bleibt.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
bei der auch im zweiten Interdigitalwandler der Finger-
Mittenabstand oder der Finger-Mittenabstand und die
30 Fingerbreite in transversaler Richtung abnehmen.
7. Anordnung nach Anspruch 6,
bei der auch der zweite Interdigitalwandler (W2) in der
Mittelspur im Wesentlichen wie der erste
35 Interdigitalwandler (W1) ausgebildet ist.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
bei der der akustische Pfad von zwei Reflektoren (RF1,
RF2) begrenzt ist.
- 5 9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
bei der die Elektrodenfinger des ersten und/oder zweiten
Interdigitalwandlers in der Mittelspur (MB) in
longitudinaler Richtung SPUDT Zellen, deren Länge eine
Wellenlänge λ oder ein ganzzahliges Vielfaches der
10 Wellenlänge beträgt, bilden.
10. Anordnung nach Anspruch 9,
bei der die Elektrodenfinger des ersten und/oder zweiten
Interdigitalwandlers innerhalb einer SPUDT Zelle
15 teilweise unterschiedliche Schichtdicken und/oder
Fingerbreiten und/oder Finger-Mittenabstände aufweisen.
11. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10,
bei der im ersten und/oder zweiten Interdigitalwandler
20 Paare nebeneinander angeordneter Elektrodenfinger an
dieselbe Stromschiene angeschlossen sind, wobei die
Elektrodenfinger eines Paares in longitudinaler Richtung
in der Mittelspur (MB) unterschiedliche Breiten
aufweisen, wodurch die Abstrahlung akustischer Welle
25 bevorzugt in die der Vorzugsrichtung entgegengesetzte
Richtung erfolgt.
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
bei der der akustische Pfad mittels Reflektorstreifen
30 umfassenden Reflektoren (RF1, RF2) mehrfach abgewinkelt
ist, wobei die Periode der Reflektorstreifen im
Wesentlichen der Mittenfrequenz der Anordnung entspricht,
bei der die Reflektoren (RF1, RF2) in Richtung entlang
Reflektorstreifen in zwei Reflektor-Randspuren (RB3, RB4)
35 und einen zwischen den Reflektor-Randspuren angeordneten
Reflektor-Mittelspur (MB1) aufgeteilt sind,
bei dem im ersten Interdigitalwandler (W1) der Finger-

Mittenabstand oder der Finger-Mittenabstand und die Fingerbreite so gewählt, daß die Abstrahlung der akustischen Welle bidirektional oder dem akustischen Pfad folgend bevorzugt in eine Vorzugsrichtung erfolgt,

- 5 - wobei die Reflektorstreifen in der Reflektor-Mittelspur (MB1) aufgespalten sind
oder

- wobei die Reflektorstreifen in der Reflektor-Mittelspur (MB1) in longitudinaler Richtung gegenüber den Streifen in
10 den Reflektor-Randspuren (RB3, RB4) versetzt sind, wobei die durch die Reflektor-Mittelspur (MB1) und die
Reflektor-Randspuren (RB3, RB4) des in Vorzugsrichtung
letzten Reflektors umgelenkten akustischen Wellen im
Wesentlichen gegenphasig laufen.

Zusammenfassung

Oberflächenwellen-Anordnung zur breitbandigen
Signalübertragung

5

Die Erfindung betrifft eine zumindest zwei Interdigital-
wandler umfassende Oberflächenwellen-Anordnung zur breit-
bandigen Signalübertragung, wobei zumindest ein Interdigital-
wandler der Anordnung als Fan-Wandler ausgebildet ist, der in
10 transversaler Richtung in Randspuren und eine Mittelspur
aufgeteilt ist. Die in den Randspuren angeregte akustische
Welle kann bidirektional oder unidirektional in Vorzugs-
richtung abgestrahlt werden. Die Mittelspur ist hingegen so
ausgebildet, daß darin die unidirektionale Abstrahlung der
15 Welle in der der Vorzugsrichtung entgegengesetzte Richtung
erfolgt. Dadurch wird die Signalübertragung in dem der
Fingerperiode in der Mittelspur entsprechenden Frequenz-
bereich innerhalb des Durchlaßbereiches der Übertragungs-
funktion unterdrückt. Der erzielte Einbruch der Übertragungs-
20 funktion wird z. B. bei einem Empfänger terrestrischer und
satellitengestützter Signale zur Unterdrückung von den
terrestrischen Signalen im Satellitenpfad des Empfängers
genutzt.

25 Figur 3b

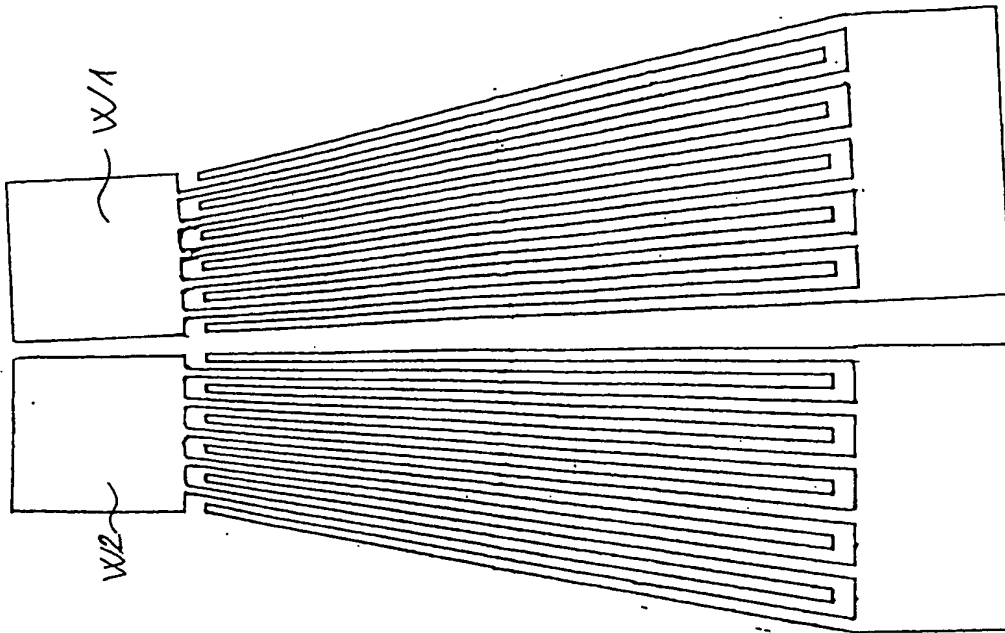


Fig. 1b (Stand der Technik)

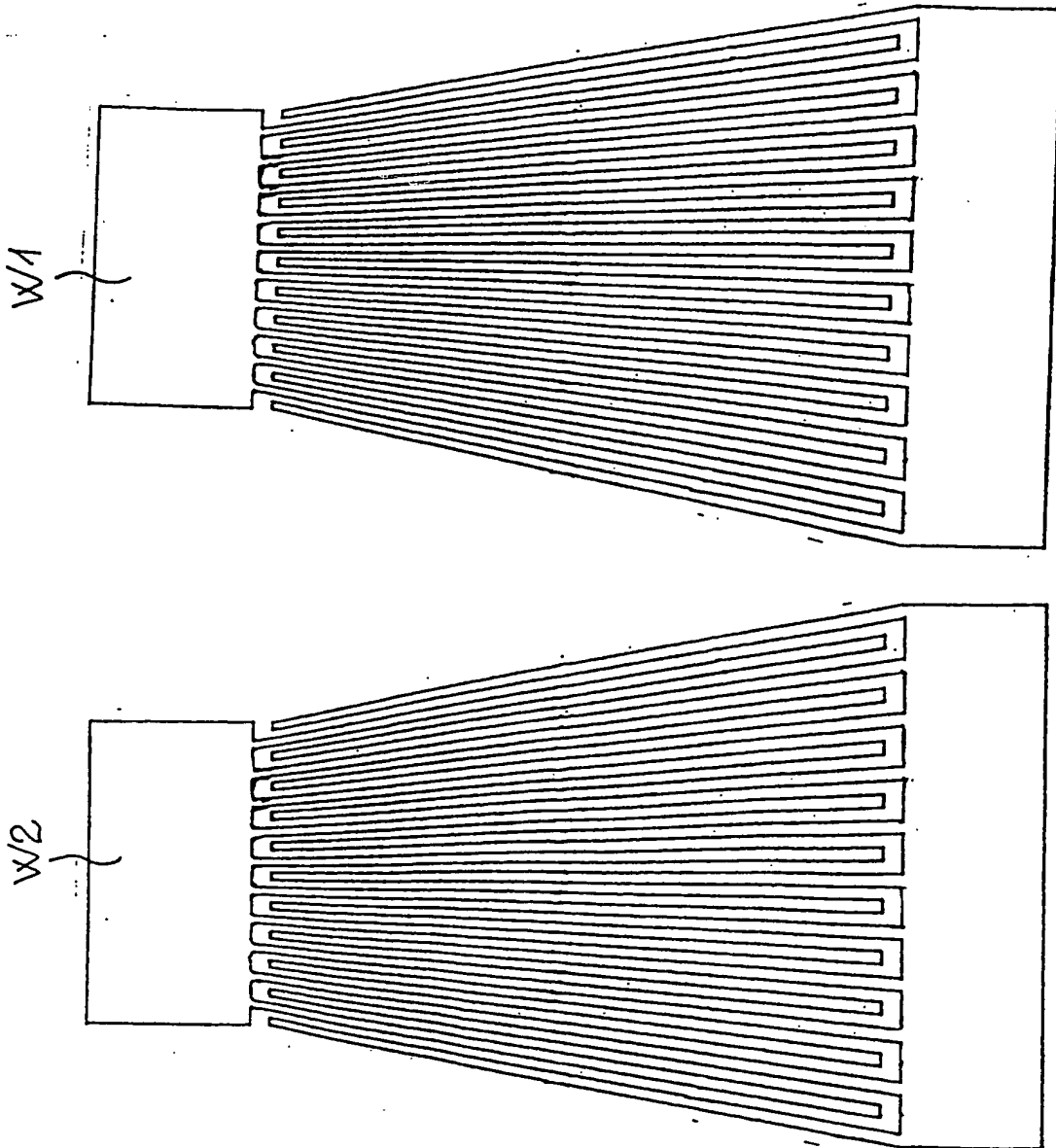


Fig. 1a (Stand der Technik)

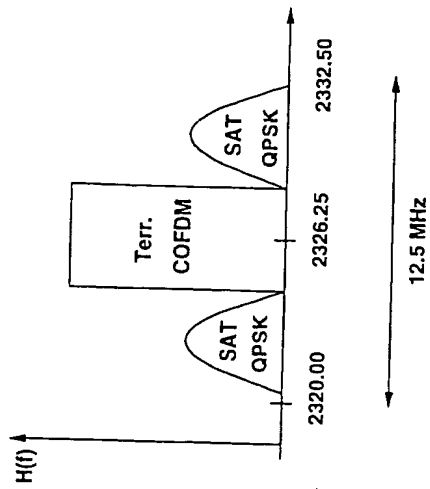


Fig. 2a

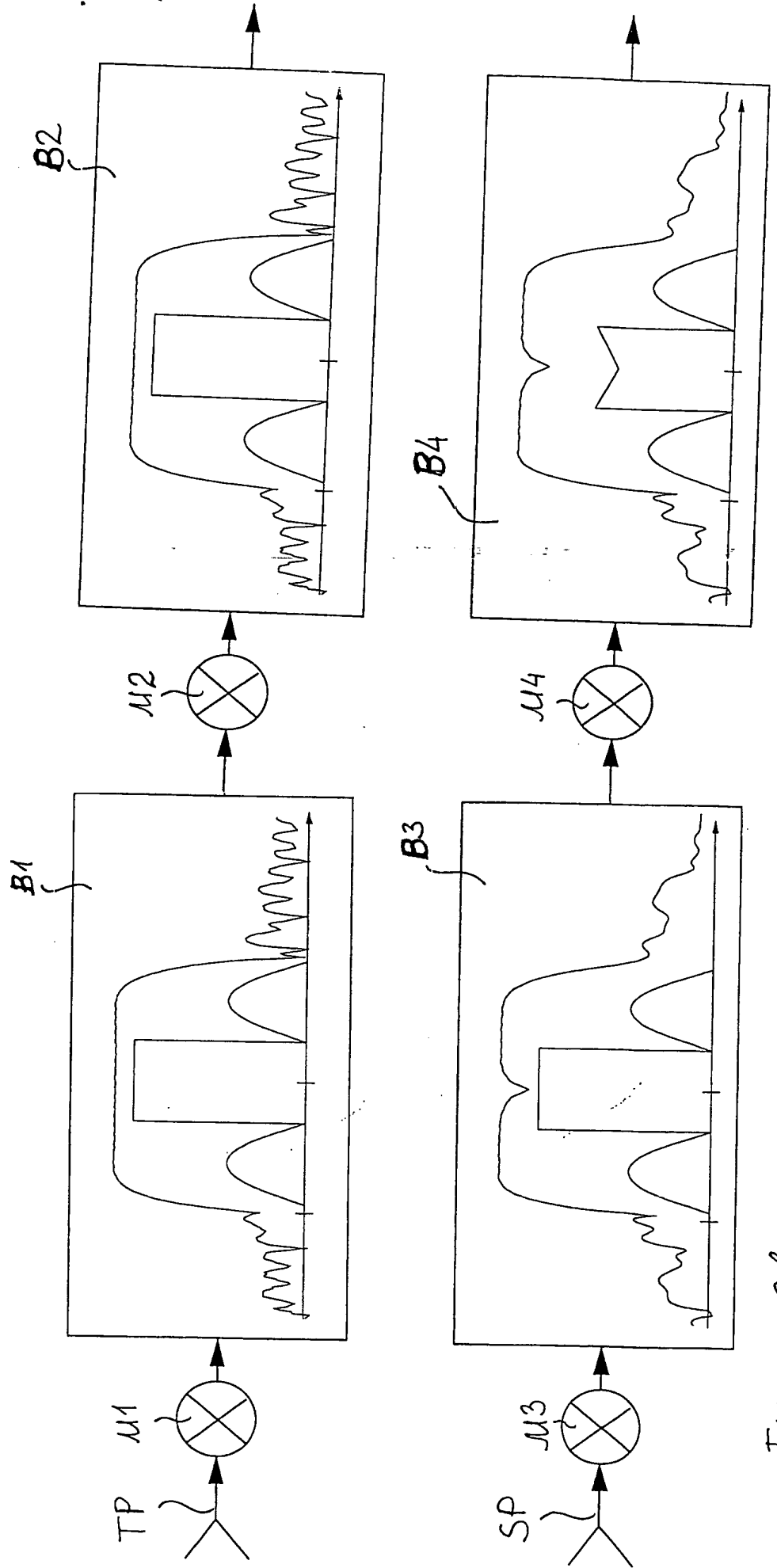


Fig. 2b

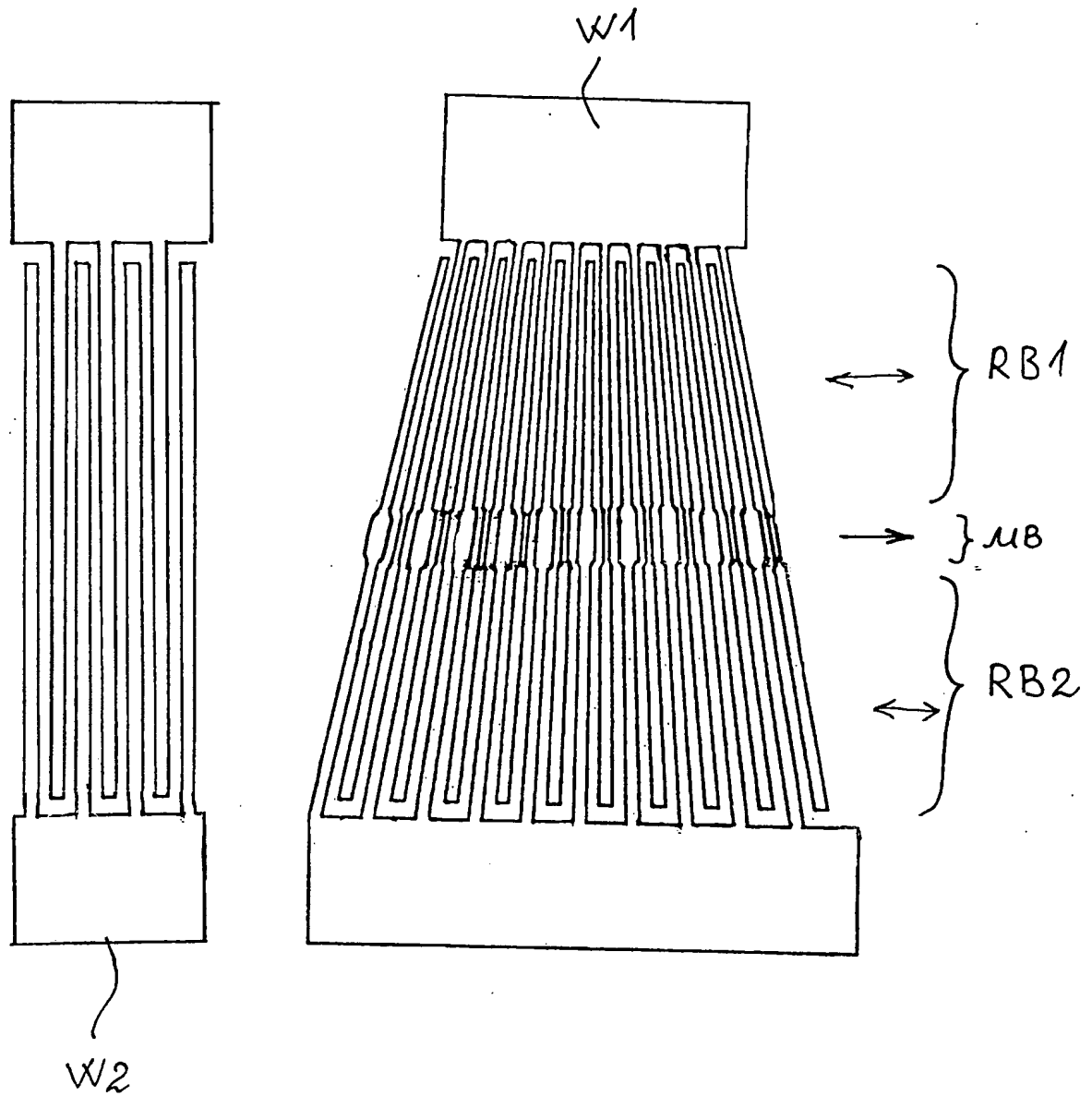


Fig. 3 a

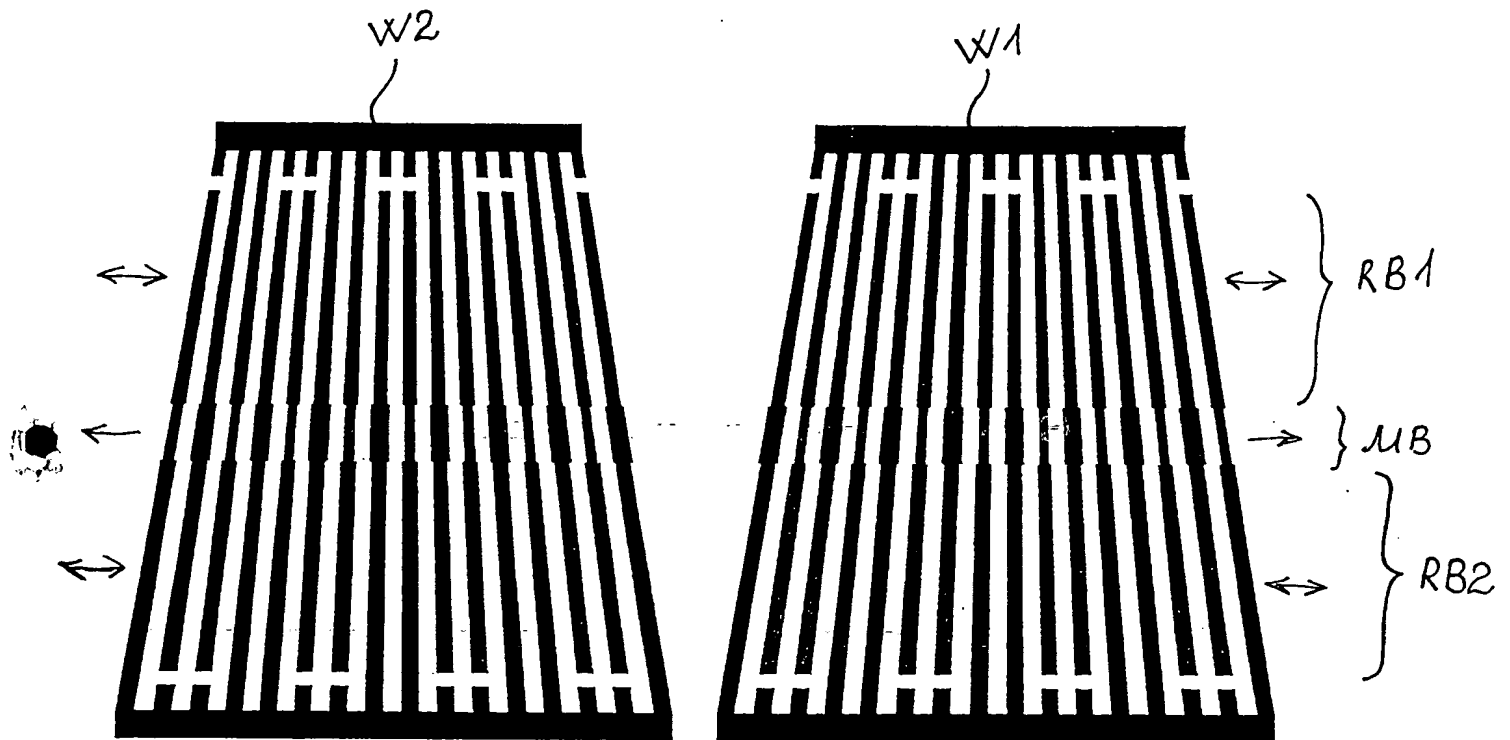


Fig. 3b

5/14

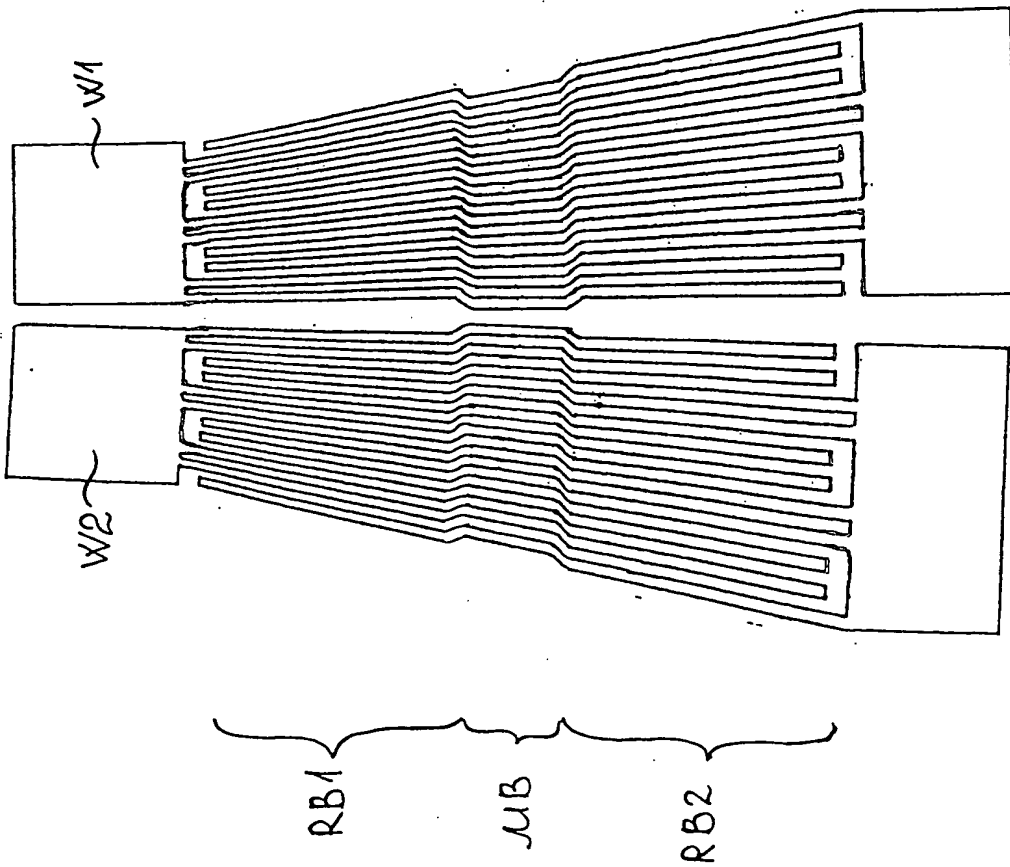
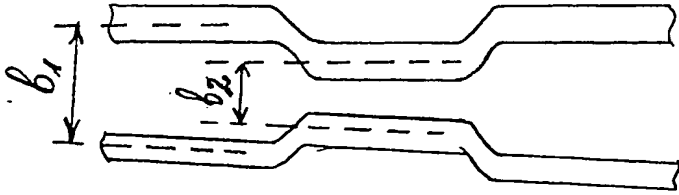


Fig. 4

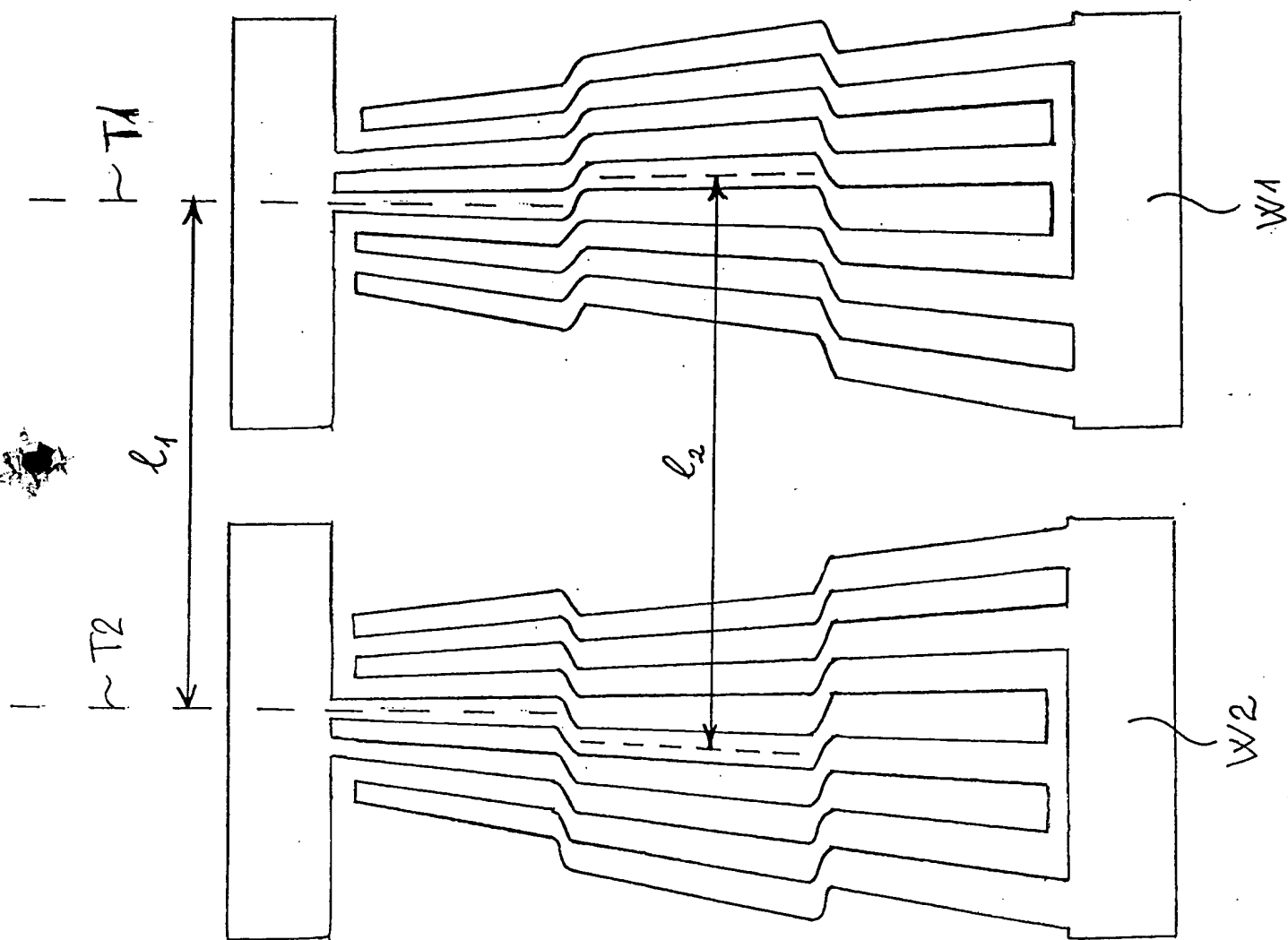


Fig. 5

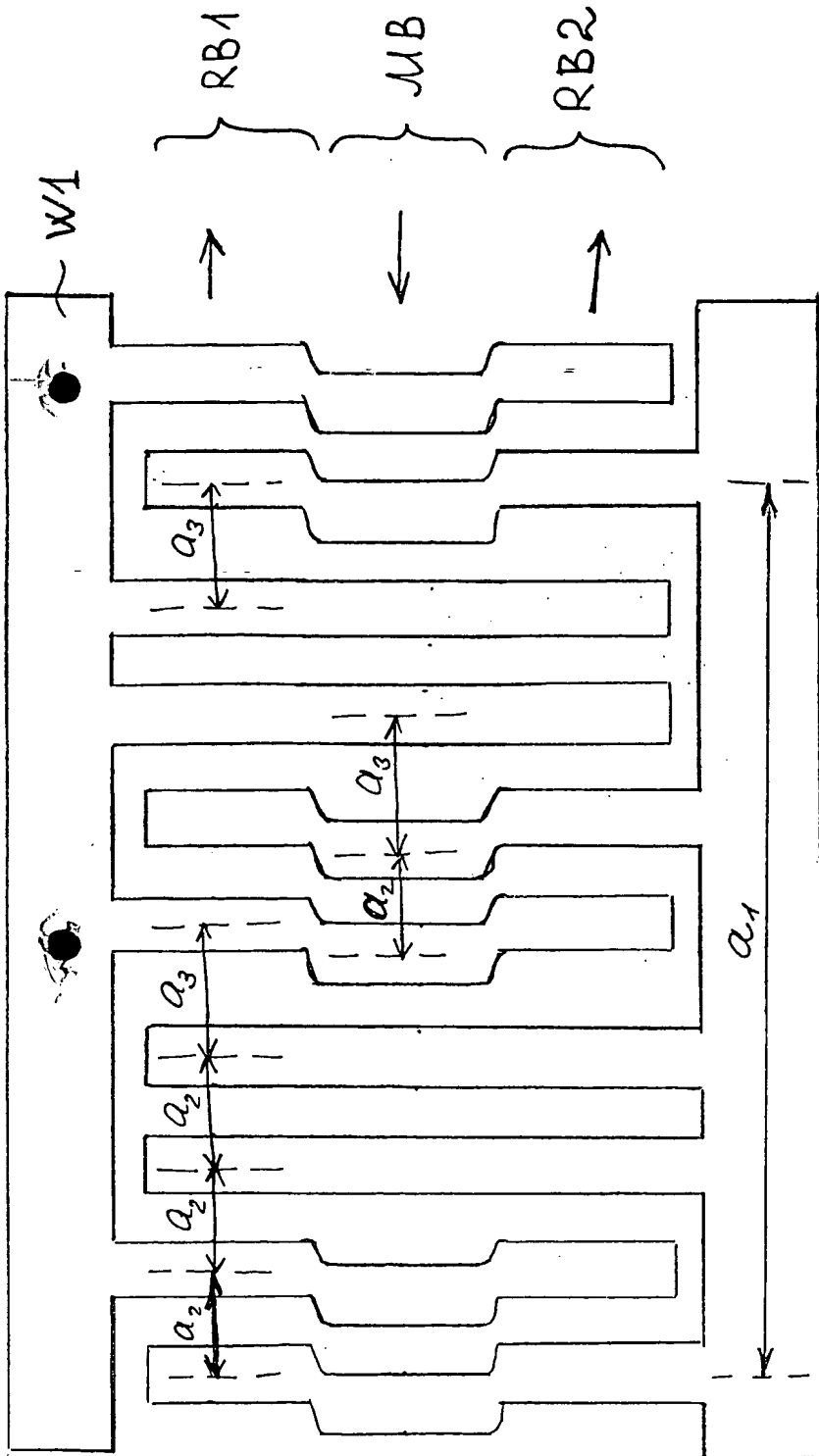


Fig. 6

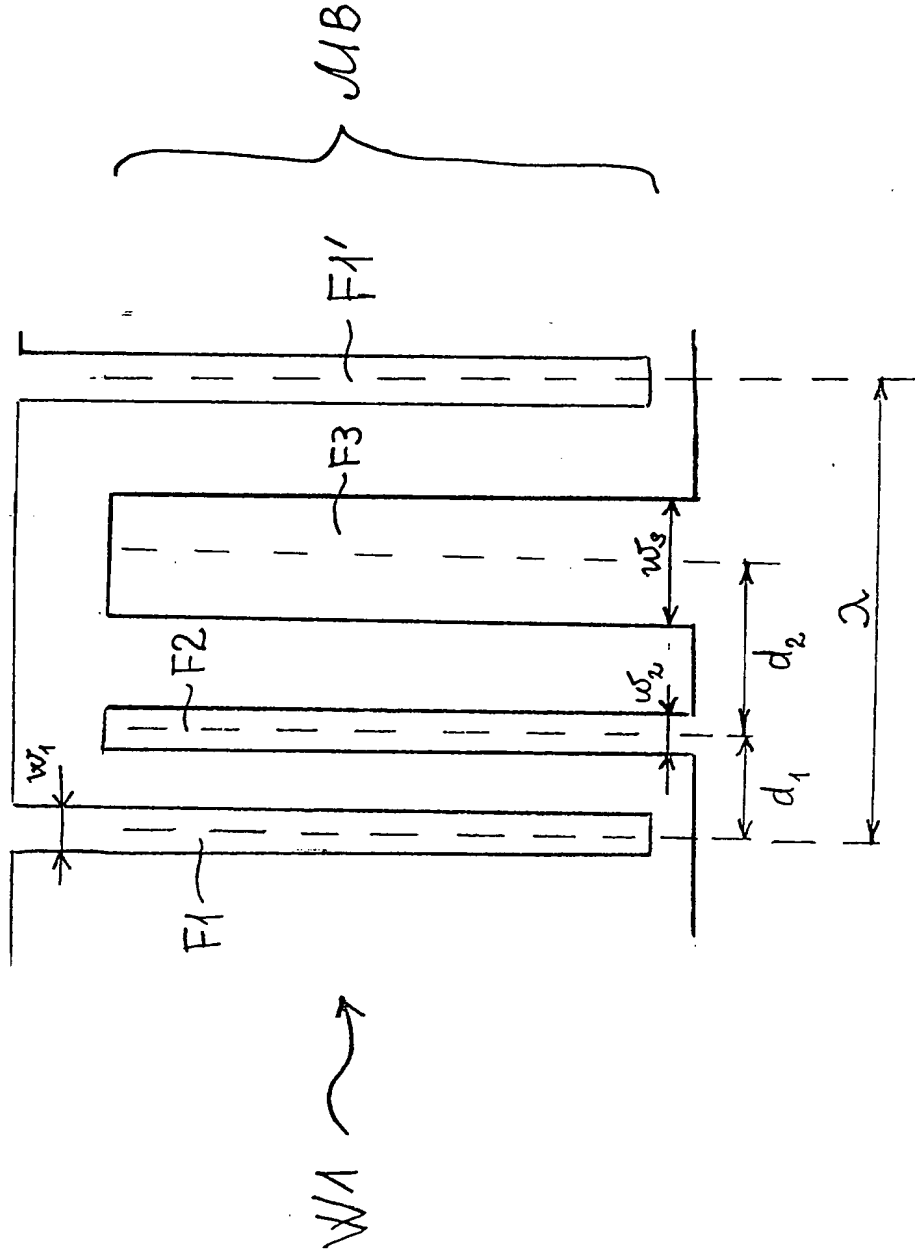


Fig. 7a (Stand der Technik)

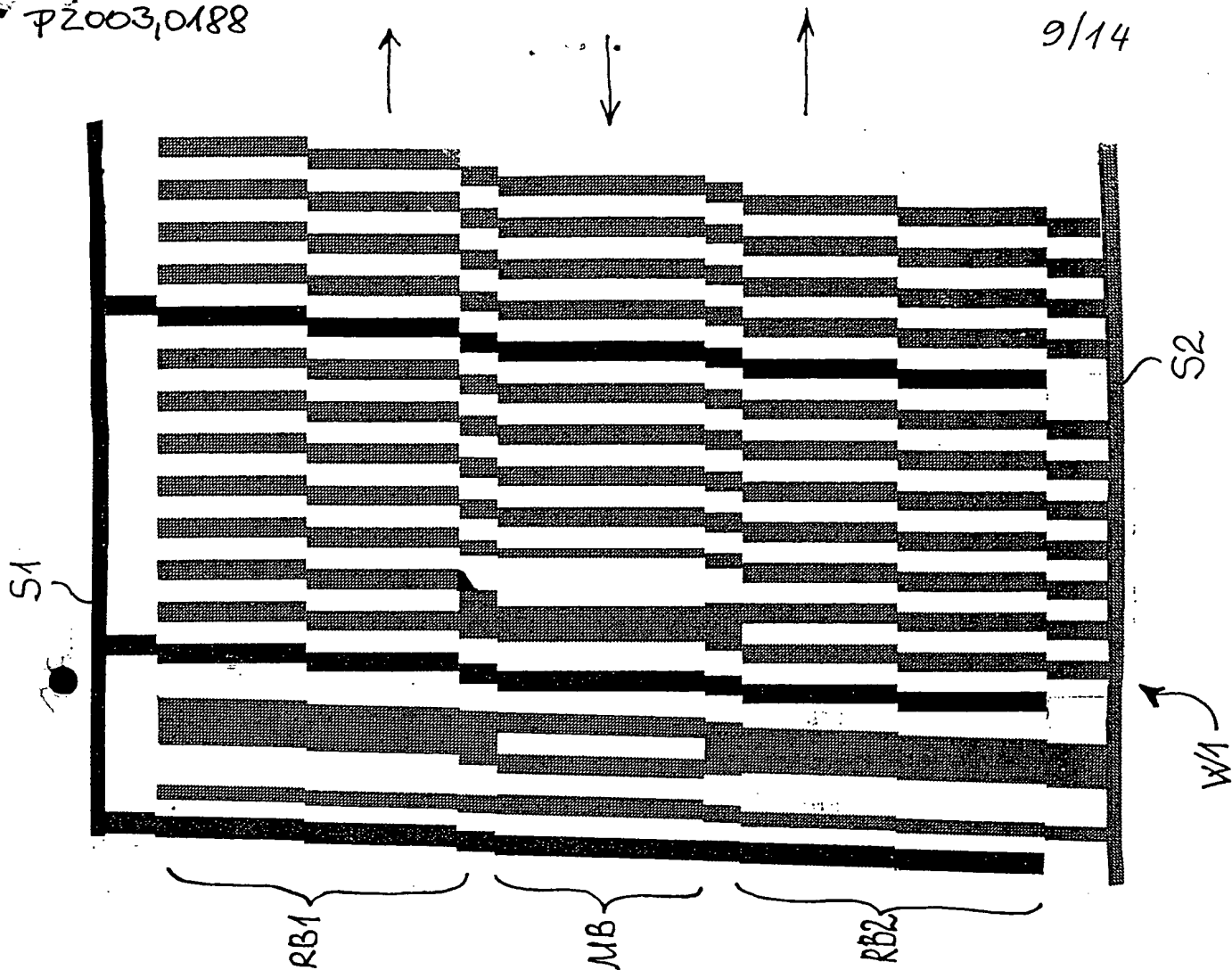


Fig. 8

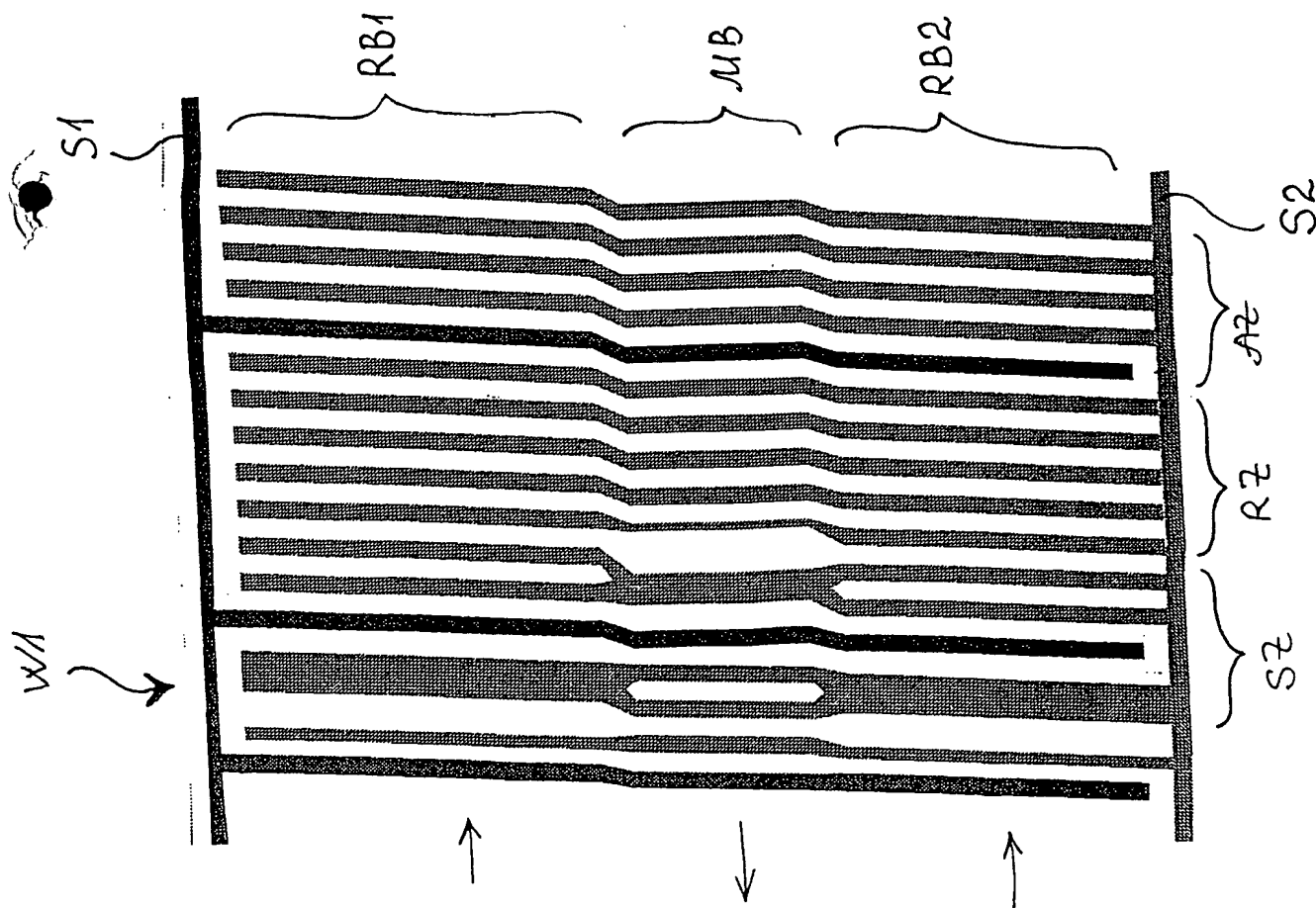


Fig. 7c

10/14

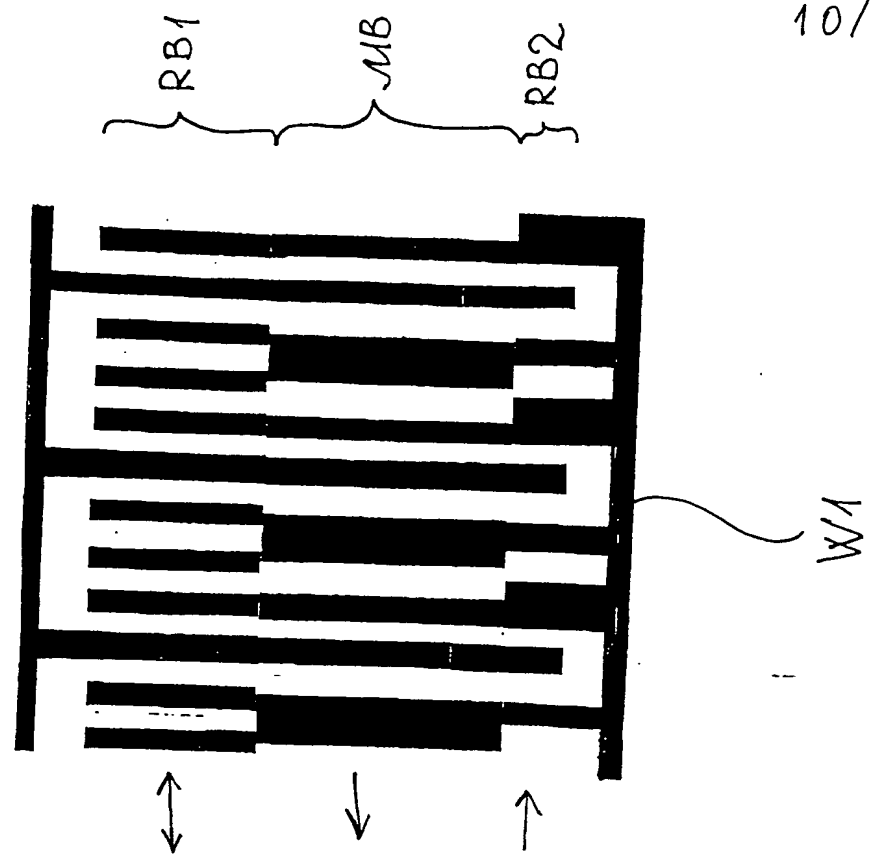


Fig. 7 b

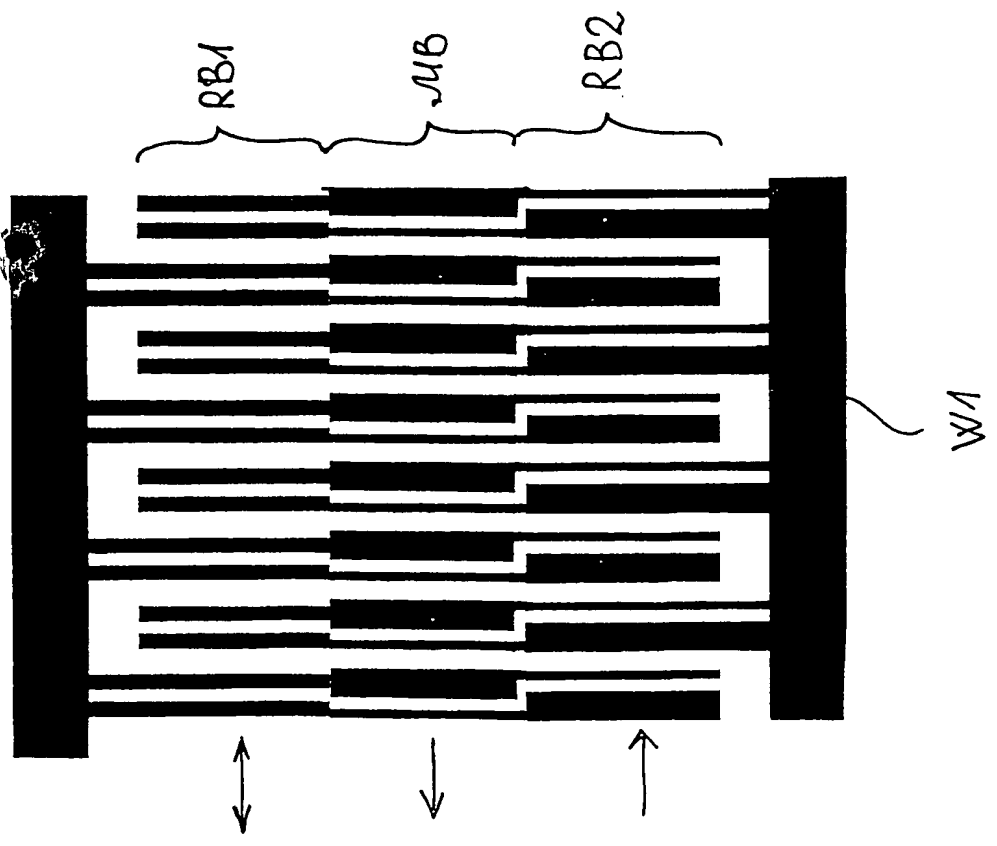


Fig. 9

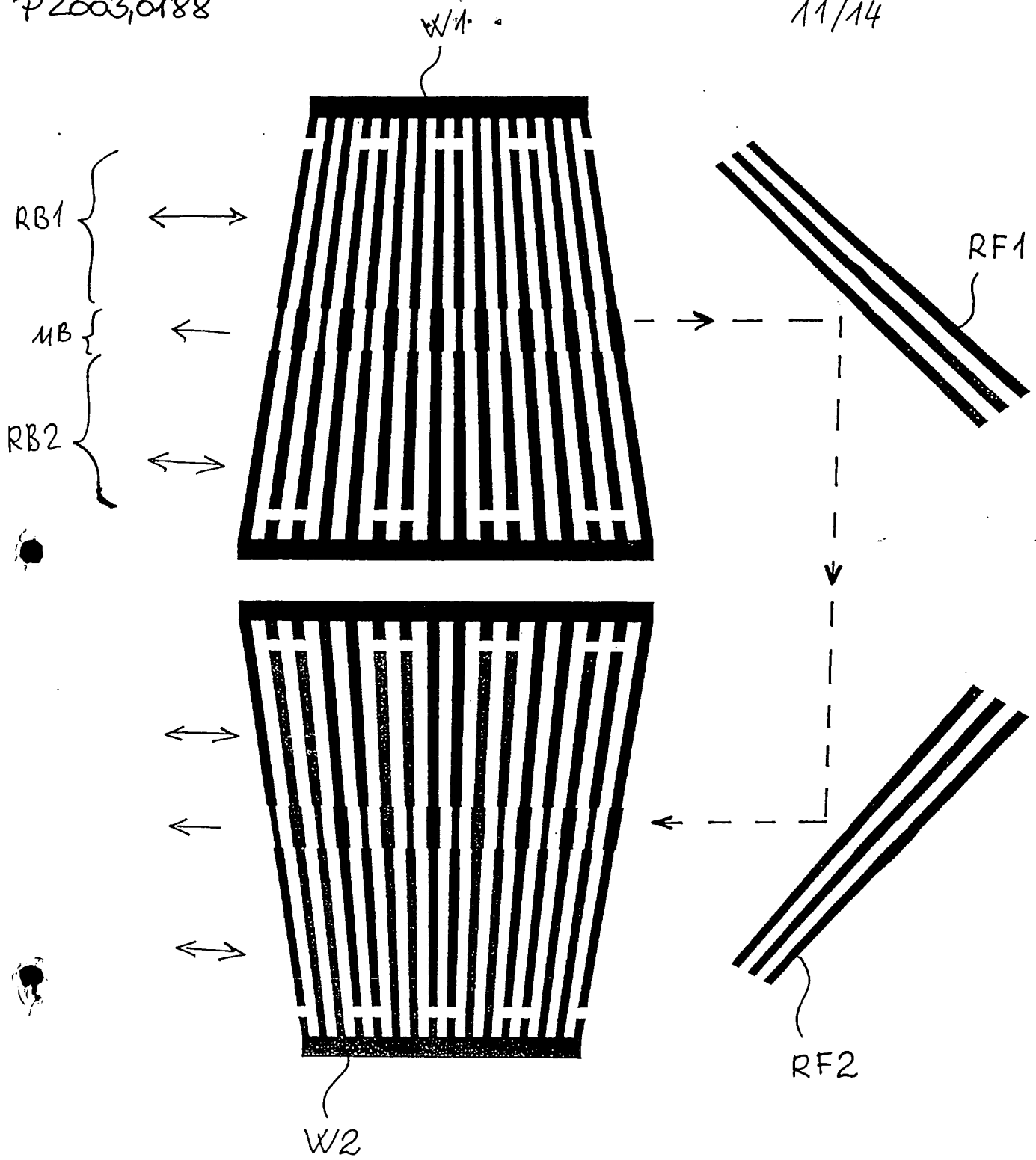


Fig. 10a

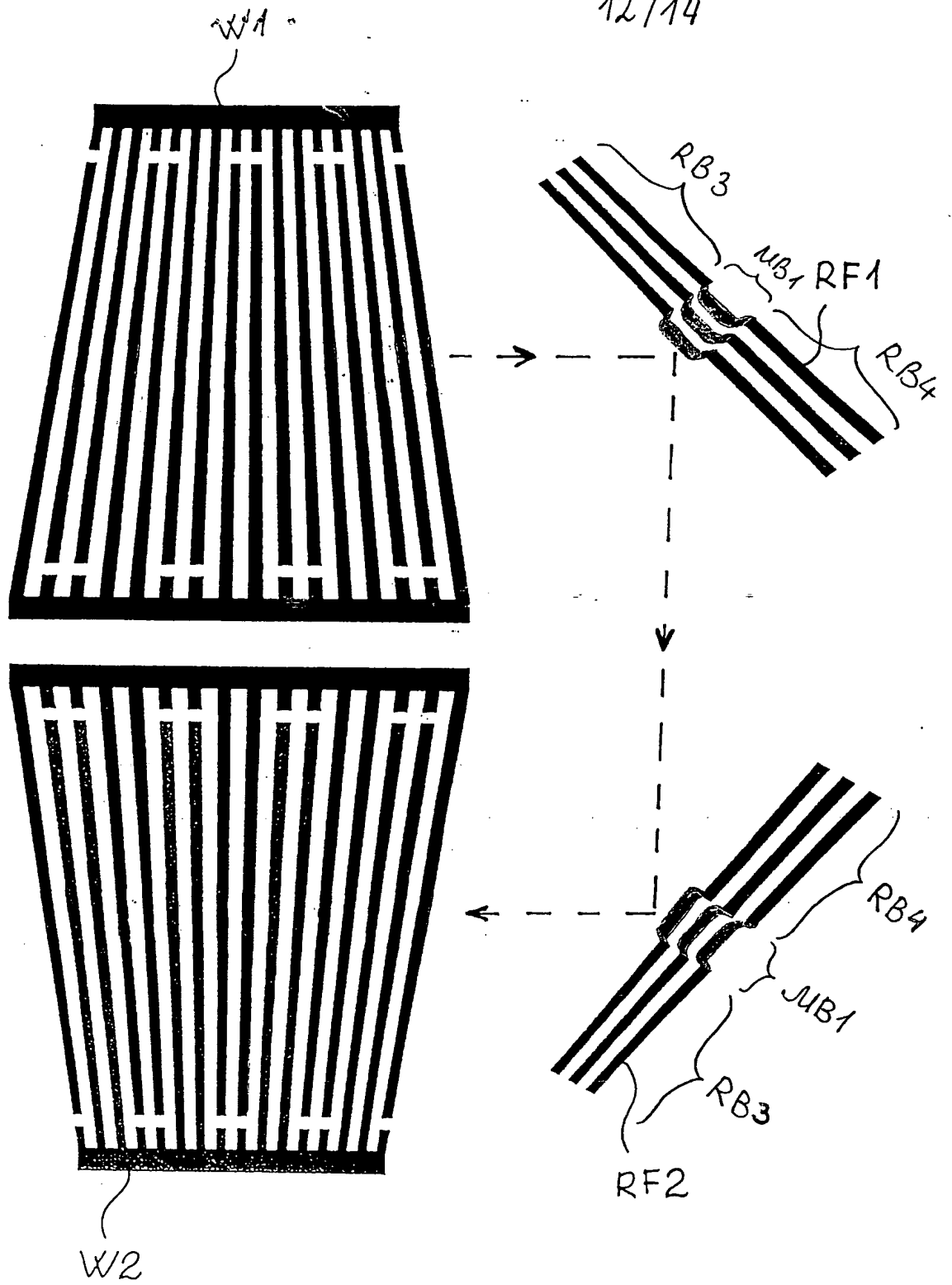


Fig. 10b

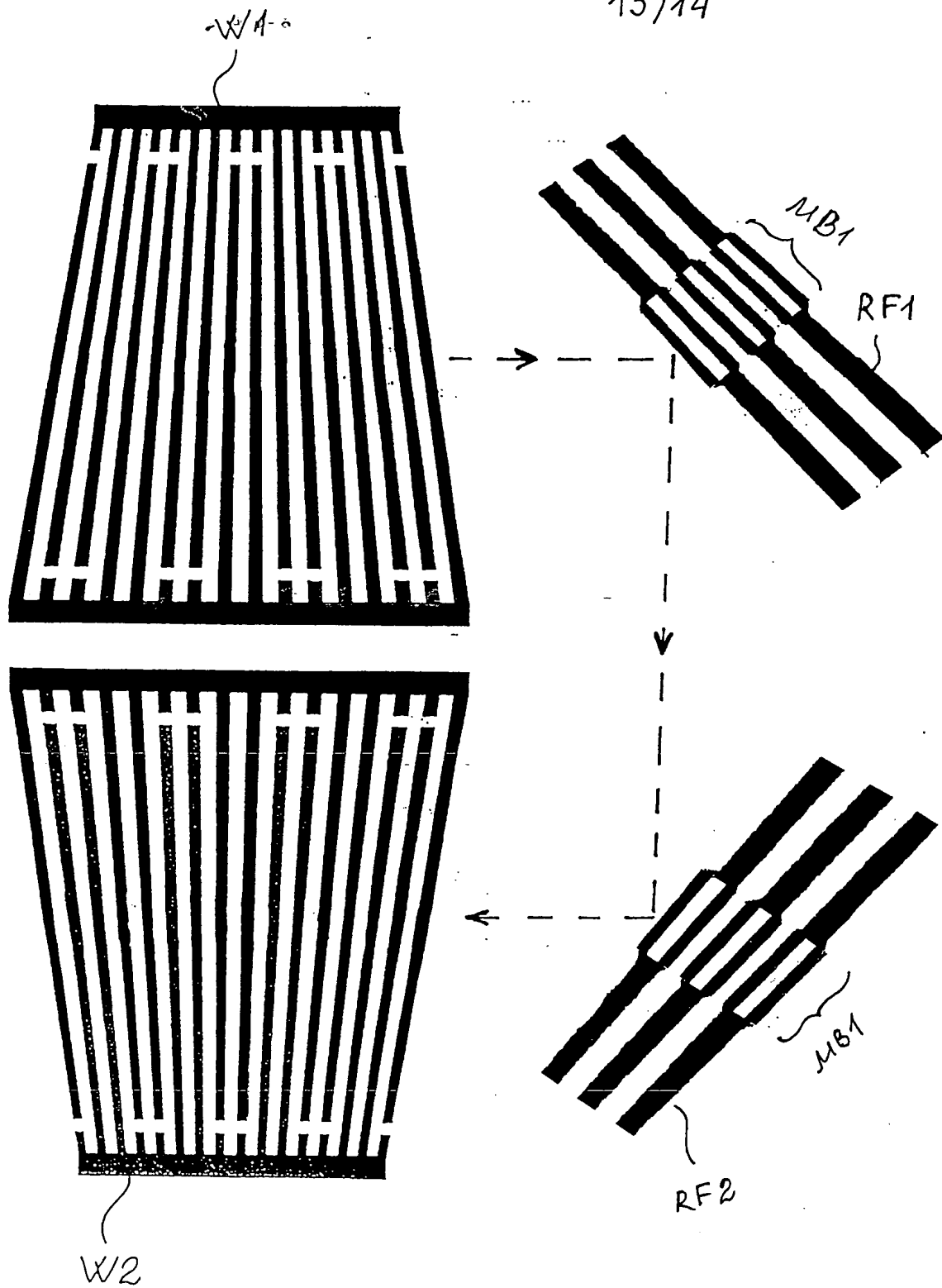


Fig. 10 c

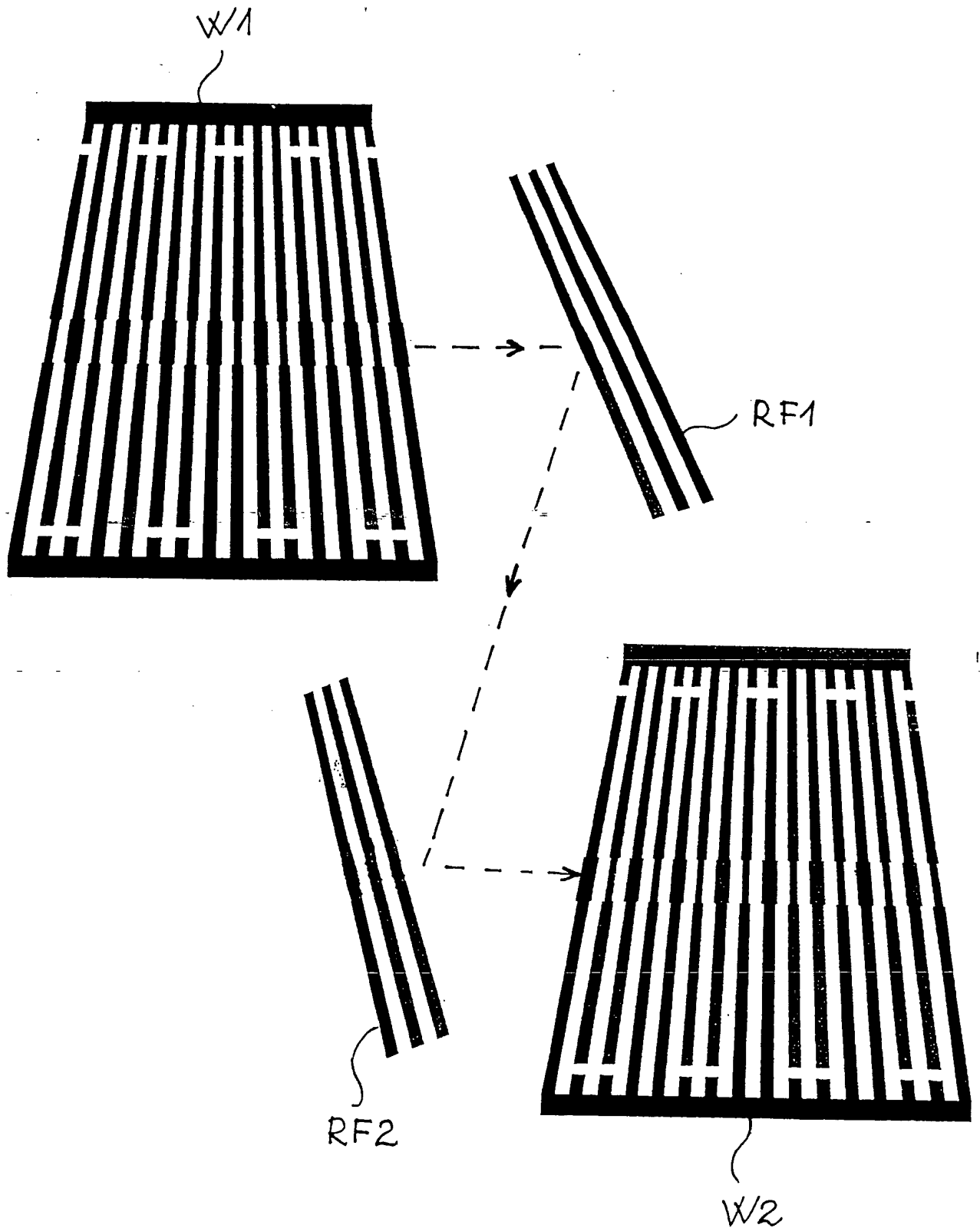


Fig. 11